

## **IMPORTANCE DU COURS DANS LE CADRE DE CE PROGRAMME**

Chaque pièce utilisée sur un aéronef doit correspondre à certaines spécifications et pour atteindre celles-ci, nous devons connaître le comportement des matériaux. De plus, afin d'assurer le respect de ces exigences d'emploi, l'étudiant doit apprendre comment évoluent les propriétés mécaniques en fonction du type de traitement (mécanique ou thermique) tout en développant chez lui une éthique envers les matériaux afin de ne pas compromettre leurs caractéristiques lors d'un usinage ultérieur ou une réparation ultérieure. Mais l'essentiel au départ, c'est de bien comprendre la base fondamentale de toutes les propriétés mécaniques que vous verrez dans ce cours.

## **BUT DU COURS**

Interpréter les propriétés des matériaux afin de choisir ceux-ci en fonction des conditions de fonctionnement propres et particulières au domaine de l'aéronautique.

## **OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE**

1. Expliquer les propriétés des matériaux. (30%)
2. Connaître les influences des traitements thermiques et mécaniques applicables aux matériaux métalliques. (40%)
3. Décrire les moyens de protéger les matériaux contre la corrosion. (5%)
4. Se familiariser avec les procédés de soudage et de coupage des métaux. (15%)
5. Acquérir et développer un comportement semblable à celui que l'on exige dans un milieu de travail. (10%)

## **COMPORTEMENTS OBSERVABLES**

### **Pour l'objectif No 1**

- 1.1 Identifier les alliages utilisés pour la construction de l'avion. (5%)
- 1.2 Expliquer les propriétés physiques, chimiques et mécaniques. (12%)
- 1.3 Décrire les essais destructifs permettant d'apprécier, d'évaluer et de connaître les qualités des matériaux. (13%)

### **Pour l'objectif No 2**

- 2.1 Étudier le comportement des alliages à l'aide du diagramme de phase. (5%)
- 2.2 Décrire l'influence du durcissement structural et du recuit des alliages d'aluminium. (7%)
- 2.3 Décrire l'influence de la trempe, du revenu et des recuits réalisés sur l'acier. (8%)
- 2.4 Décrire l'influence des traitements thermo-chimiques et la trempe superficielle des aciers. (5%)
- 2.5 Rédiger une procédure "gamme" de traitement thermique conforme aux spécifications imposées par le dessin. (15%)

### **Pour l'objectif No 3**

- 3.1 Identifier les sortes de corrosion. (2%)
- 3.2 Expliquer les mécanismes de la corrosion. (1%)
- 3.3 Décrire les traitements de protection de surface. (2%)

### **Pour l'objectif No 4**

- 4.1 Expliquer les procédés de soudage ainsi que leurs applications. (5%)
- 4.2 Exécuter les soudures à l'aide des différents procédés de soudage. (5%)
- 4.3 Reconnaître les défauts de soudure. (5%)

## **Pour l'objectif No 5**

- 5.1 Assumer ses responsabilités. (1%)
- 5.2 Travailler de façon sécuritaire. (1%)
- 5.3 Vouloir entreprendre des projets. (1%)
- 5.4 Générer de nouvelles idées. (1%)
- 5.5 Prendre des décisions fondées et éclairées. (1%)
- 5.6 Déployer des efforts soutenus. (1%)
- 5.7 Savoir planifier et organiser ses activités. (1%)
- 5.8 Collaborer avec l'équipe. (1%)
- 5.9 Être intègre et honnête. (1%)
- 5.10 Respecter les normes de communication écrites et orales. (1%)

## **Pour tous les objectifs**

Utiliser la terminologie française et anglaise pertinente au domaine aéronautique.

## **MÉTHODOLOGIE**

Les concepts fondamentaux que l'étudiant devra avoir assimilés seront explicités dans le cours. Il est très important que l'étudiant prenne des notes aussi claires que possible durant les cours : son travail sera grandement facilité (exemple : fiches).

L'élève sera référé à son volume de classe sur des points plus particuliers. Aussi, l'étude du cours à partir de volumes lui permettra de saisir plus facilement des points fondamentaux qui lui paraissent obscurs.

Le volume de classe sera donc extrêmement utile à l'élève, puisqu'il lui permettra à la fois d'approfondir sa compréhension et d'avoir une vue d'ensemble plus vaste de la matière étudiée.

Discussion périodique en classe sur certains sujets que l'élève aura préalablement lu.

De plus, toute communication orale ou écrite étudiant-professeur ou étudiant-étudiant devra dans le cadre du cours, se faire en utilisant le vocabulaire spécialisé approprié.

Lorsqu'un travail présente des lacunes importantes au niveau des points suivants : orthographique, grammatical, syntaxique, lexical et typographique, il sera exigé que le travail soit recommencé. Le travail corrigé par l'élève sera accepté s'il y a une nette amélioration.

Si l'élève ne présente pas un travail corrigé acceptable, dans les délais prescrits par le professeur, la note zéro (0) sera attribuée au travail.

## **ÉVALUATION**

### **A) Formative**

L'élève devra :

- Consulter les lexiques à l'intérieur des notes et manuels de cours.
- Rédiger pour le début de chaque cours des questions concernant les connaissances antérieurement acquises.
- Présenter devant la classe la solution d'un problème qu'il aura résolu auparavant à la maison.
- Répondre à certaines questions que le professeur formulera en début de cours.
- Maîtriser suffisamment le français, sinon, il sera invité à s'inscrire au C.A.F.
- Recommencer un travail jugé inacceptable par le professeur.

## B) Sommative

La cohérence, la clarté des idées et le choix judicieux du vocabulaire spécialisé seront évalués. Selon l'objet d'évaluation (exposé oral, rapport de laboratoire, travail de recherches, examen écrit, etc...) la portée de l'évaluation sommative du français peut être très variable et même conduire au verdict d'échec. Le professeur peut enlever jusqu'à 10% des points d'un travail pour les fautes de français.

Les tests périodiques, l'examen de mi-session et l'examen à la fin de la session porteront sur les connaissances théoriques et techniques acquises par l'élève durant le cours en mettant l'accent sur la clarté des explications et les qualités d'observation.

De plus, un bon rapport doit pouvoir être compris sans difficulté par quelqu'un qui n'a pas fait le laboratoire; les résultats importants doivent être mis en relief.

Il est également important de mentionner que l'élève doit obtenir la note de 60% pour chaque composante du cours, i.e. la théorie, le laboratoire d'essais mécaniques, ainsi que le laboratoire de soudage pour obtenir l'accréditation. Sinon, le résultat de la partie la plus faible sera inscrite sur le relevé de notes.

### PONDÉRATION

### Répartition des notes

Tests périodiques (4)	17%
Attitude professionnelle	3%
Examen de mi-session	20%
Examen final sommatif	20%
Travaux de laboratoire (essais mécaniques)	20%
Examens et travaux de soudage (théorie et pratique)	20%

### CONTENU DISCIPLINAIRE

#### A) PARTIE THÉORIQUE

Le contenu disciplinaire est présenté sous forme de modules dont chacun d'eux présente un thème d'étude bien précis.

#### **MODULE 1 : Les caractéristiques mécaniques**

**(10 Périodes)**

##### **Objectifs**

- 1.1 Nommer les différentes propriétés physiques, chimiques et mécaniques utilisées en aéronautique.
- 1.2 Apprendre à utiliser de façon efficace le tableau périodique des éléments.
- 1.3 Analyser le principe d'une courbe de traction.
- 1.4 Décrire le principe des déformations élastique et plastique.
- 1.5 Définir les notions de contrainte et de déformation unitaire.
- 1.6 Nommer les différentes propriétés mécaniques reliées à une courbe de traction.
- 1.7 Effectuer les différents calculs reliés aux propriétés mécaniques.
- 1.8 Sélectionner les matériaux en fonction de leurs propriétés mécaniques.
- 1.9 Expliquer la différence fondamentale entre l'érouissage et le forgeage.
- 1.10 Commenter les phénomènes de fatigue et de fluage.
- 1.11 Reconnaître les différents procédés de mise en forme.
- 1.12 Expliquer le phénomène de cisaillement sur les matériaux.
- 1.13 Résoudre les problèmes à la fin du chapitre.
- 1.14 Utiliser de façon adéquate les unités et les symboles des systèmes d'unités impérial et international.

## Méthodologie

- Lire le chapitre I du manuel de cours.
- Présentation de documentaires.
- Cours magistral (prendre des notes claires et complètes).
- Apprendre à interpréter correctement un graphique.
- Faire de nombreux exercices de façon personnelle.
- Utiliser de nombreuses références (des matériaux, métallurgie, etc.).

## Évaluation

### A) Formative

- Vérification des préalables à l'aide de mini-tests objectifs.
- Discussion en classe sur les sujets importants.
- Préparer des questions concernant les connaissances acquises.
- Présentation de problèmes en classe par les élèves.

### B) Sommative

Deux (2) mini-tests équivalent à cinq (5) points chacun couvrant les objectifs énoncés auparavant.

## MODULE 2 : Les métaux et ses alliages

(2 périodes)

### Objectifs

- 2.1 Expliquer la différence entre les matériaux métalliques et non métalliques.
- 2.2 Formuler clairement ce qu'est un métal pur et un alliage.
- 2.3 Commenter ce que signifie la composition chimique des alliages.
- 2.4 Définir ce que représente les termes suivants : structure macrographique, micrographique et cristalline.
- 2.5 Identifier les principaux réseaux cristallins.
- 2.6 Connaître l'influence du réseau cristallin sur les propriétés mécaniques.
- 2.7 Comprendre le principe de la miscibilité des métaux.

### Méthodologie

- Lire le chapitre 2 de votre manuel de cours.
- Cours magistral.
- Apprendre à identifier un métal pur et un alliage.
- Enrichir le lexique par la connaissance de nouveaux termes.
- Répondre aux questions à la fin du chapitre.

### Évaluation

- A) Formative : idem au module 1.
- B) Sommative : évaluation prévue à la fin du module 3.

## MODULE 3 : Le diagramme d'équilibre

(2 périodes)

### Objectifs

- 3.1 Résumer la procédure d'une analyse thermique.
- 3.2 Faire la distinction entre une courbe de refroidissement et un diagramme d'équilibre.
- 3.3 Définir le principe d'une transformation allotropique.
- 3.4 Énoncer les différents diagrammes d'équilibre.
- 3.5 Commenter la différence entre les différents diagrammes d'équilibre.

### Méthodologie

- Lire le chapitre 3 de votre manuel de cours.
- Cours magistral.
- Apprendre à utiliser adéquatement un diagramme d'équilibre.
- Acquérir de nouveaux termes dans le lexique.
- Répondre aux questions à la fin du chapitre.

### Évaluation

- A) Formative : idem au module 1.
- B) Sommative : voir examen de mi-session.

## **EXAMEN DE MI-SESSION** (2 périodes)

Pondération : **20% de la note finale**. Il est important de mentionner qu'il y aura un cours de récupération durant la semaine d'apprentissage autonome. Cet examen visera à atteindre les objectifs des trois premiers modules.

## MODULE 4 : Le fer et ses alliages

(4 périodes)

### Objectifs

- 4.1 Démontrer la différence entre l'acier et la fonte.
- 4.2 Montrer l'influence de l'addition du carbone dans le fer sur les propriétés mécaniques.
- 4.3 Connaître les différentes méthodes utilisées pour identifier les aciers.
- 4.4 Expliquer les différents constituants que l'on retrouve dans le diagramme d'équilibre Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Méthodologie

- Lire le chapitre 4 de votre manuel de cours.
- cours magistral.
- Apprendre la signification de tous les termes que l'on retrouve lorsque l'on utilise le diagramme d'équilibre Fe-Fe<sub>3</sub>C.
- Lire les notes de cours à plusieurs reprises.
- Faire personnellement les exercices proposés par le professeur.
- Acquérir de nouveaux termes dans le lexique.

### Évaluation

- A) Formative : idem au module 1
- B) Sommative : un mini-test valant cinq (5) points de la note finale couvrant les objectifs du module 4.

## MODULE 5 : Traitement thermique des métaux ferreux

(3 Périodes)

### Objectifs

- 5.1 Nommer les différentes familles de traitement thermique.
- 5.2 Formuler clairement le principe de la trempe.
- 5.3 Formuler clairement le principe du revenu.
- 5.4 Formuler clairement le principe du recuit.
- 5.5 Connaître l'influence de tous ces traitements sur les propriétés mécaniques.
- 5.6 Décrire la procédure complète afin d'obtenir une dureté spécifique sur une pièce.
- 5.7 Expliquer la signification du terme "sévérité de trempe".

### Méthodologie

- Lire le chapitre 5 de votre manuel de cours.
- Cours magistral.
- Apprendre la signification de tous les traitements thermiques sur les aciers.
- Prendre des notes claires et complètes (particulièrement important dans cette partie du cours).
- Utiliser les références.
- Acquérir de nouveaux termes dans le lexique.

### Évaluation

- A) Formative : idem au module 1.
- B) Sommative : Un mini-test valant cinq (5) points de la note finale couvrant les objectifs du module 5.

## MODULE 6 : L'aluminium et ses traitements thermiques

(2 Périodes)

### Objectifs

- 6.1 Connaître la procédure utilisée pour désigner les aluminium.
- 6.2 Expliquer la différence entre un aluminium de fonderie et un aluminium corroyé.
- 6.3 Décrire le principe de la trempe structurale sur un aluminium.
- 6.4 Énoncer les différents traitements thermiques applicables sur les aluminium.
- 6.5 Rédiger une procédure complète sur une pièce, afin d'effectuer la mise en forme, tout en arrivant aux propriétés mécaniques désirées.

### Méthodologie

- Lire le chapitre 6 de votre manuel de cours.
- Vérifier certaines connaissances dans le domaine du métal en feuille.
- Apprendre la signification de tous les traitements thermiques sur les aluminium.
- Cours magistral.
- Utiliser les références.
- Acquérir de nouveaux termes dans le lexique.

### Évaluation

- A) Formative : idem au module 1
- B) Sommative : voir examen final.

## MODULE 7 : Les traitements de surface

(1 période)

- 7.1 Expliquer le principe de la trempe superficielle.
- 7.2 Nommer les différentes méthodes permettant de réaliser une trempe superficielle.
- 7.3 Décrire les différents traitements thermochimiques.
- 7.4 Identifier les éléments utilisés dans la réalisation des traitements thermochimiques.

### Méthodologie

- Lire le chapitre 7 de votre manuel de cours.
- Cours magistral.
- Apprendre l'importance des traitements de surface en aéronautique.
- Répondre aux questions à la fin du chapitre.
- Acquérir de nouveaux termes dans le lexique.

### Évaluation

- A) Formative : idem au module 1.
- B) Sommative : voir examen final.

## MODULE 8 : Les aciers inoxydables

(1 période)

### Objectifs

- 8.1 Nommer les différentes classes d'acier inoxydable.
- 8.2 Expliquer la différence entre l'acier inoxydable et l'acier au carbone.
- 8.3 Commenter pourquoi il y a différentes classes dans le cas des aciers inoxydables.

### Méthodologie

- Cours magistral.
- Utiliser les références.
- Répondre aux questions formulées en classe.
- Trouver des applications dans le domaine de l'aéronautique.
- Acquérir de nouveaux termes dans le lexique.

### Évaluation

- A) Formative : idem au module 1.
- B) Sommative : voir examen final.

## MODULE 9 : La lutte contre la corrosion des métaux

(1 période)

### Objectifs

- 9.1 Énoncer les principales causes entraînant la dégradation des métaux.
- 9.2 Identifier les principaux types de corrosion.
- 9.3 Identifier les causes entraînant la corrosion.
- 9.4 Décrire différentes façons de protéger les métaux contre la corrosion.

### Méthodologie

- Lire le chapitre 8 de votre manuel de cours
- Cours magistral
- Connaître l'influence de la corrosion sur les propriétés mécaniques
- Utiliser les références
- Répondre aux questions
- Acquérir de nouveaux termes dans le lexique

### Évaluation

- A) Formative : idem au module 1
- B) Sommative : voir examen final

## **EXAMEN FINAL** (2 périodes)

Pondération : **20% de la note finale**. Il est important de bien connaître la terminologie particulière au cours, car celle-ci sera susceptible d'être demandée à l'examen final et qui pourra compter pour 20% de celui-ci.

## **B) PARTIE SUR LES TRAVAUX DE LABORATOIRE (Essais mécaniques)**

### Objectifs

L'élève devra :

- Effectuer les recherches bibliographiques nécessaires à la préparation d'un laboratoire ou à la rédaction d'un rapport.
- Déterminer le ou les buts d'une séance de laboratoire.
- Résumer une expérience de laboratoire.
- Présenter des rapports sous forme d'un texte descriptif, de tableaux ou sous forme graphique selon des normes spécifiques du milieu aéronautique.
- Analyser des données expérimentales et d'en tirer une conclusion.
- Rédiger un texte dans un français convenable sans accepter d'approximation linguistique.

### Méthodologie

Pour chaque laboratoire, votre professeur présente le matériel à l'aide d'un bref exposé, puis réalise un essai complémentaire.

Le travail de laboratoire est étroitement lié à l'étude du cours magistral.

Les instruments suivants seront utilisés : appareil de traction Instron contrôlé par un ordinateur, appareil de dureté Rockwell universelle, imprimante, microscope optique, vernier digital, fours, bain de trempe, congélateur, mouton pendule, sable de fonderie, boîte pour la conception d'un moule, creusets de graphite, etc...



Le rapport de laboratoire devra comporter les étapes suivantes :

- introduction
- but
- revue de la littérature
- manipulations
- tableaux de données et de résultats
- exemples de calcul
- graphiques
- analyse des résultats
- conclusion

### **Évaluation**

#### A) Formative

Suite à la première séance de laboratoire, chaque élève élaborera un rapport de laboratoire préliminaire, afin de permettre au professeur d'évaluer les lacunes majeures et y apporter les correctifs nécessaires.

#### B) Sommative

Quatre (4) laboratoires dont une note sera donnée à chacun d'eux pour totaliser 17%.

- Un laboratoire formatif.
- Attitude professionnelle. (3%)

10% de la note des rapports écrits de laboratoire sera attribué à la qualité du français, chaque faute (orthographe, syntaxe, construction) entraînant une perte de 1% à la note globale.

Tout rapport contenant plus de dix (10) fautes devra être rédigé à nouveau et présenté au professeur dans un délai de deux (2) jours. La note attribuée à ce travail ne pourra être supérieur à 90%.

Par contre, si l'élève s'inscrit au C.A.F. et obtient une attestation de celui-ci pour avoir suivi un nombre précis d'heures dans le but d'améliorer ses connaissances, il pourra par la suite récupérer les points perdus auparavant.

### **Contenu disciplinaire**

Permettre à l'élève de développer des habilités dans la manipulation d'équipement servant à déterminer les caractéristiques mécaniques d'un matériau. La section laboratoire est divisée sur cinq (5) thèmes majeurs :

1. essais de traction (3 périodes)
2. essais de dureté (2 périodes)
3. essais de cisaillement (3 périodes)
4. traitement thermique des aciers (2 périodes)
5. traitement thermique des aluminium (2 périodes)
6. Anodisation et placage (2 périodes)

La dernière période consistera à démontrer la procédure à suivre pour couler une pièce en aluminium.

## C) PARTIE SUR LES TRAVAUX DE SOUDAGE (Théorie et laboratoire)

### Objectifs

L'élève devra :

- Connaître les règles de sécurité dans un atelier de soudage.
- Expliquer la différence entre la soudure par fusion et le brasage.
- Décrire les différentes techniques de soudage au gaz et au tig.
- Commenter les procédés de soudage oxyacétylénique et au tig.
- Montrer pourquoi il est possible de couper seulement le fer par le procédé d'oxy-coupage.
- Nommer les différents procédés de soudage à l'arc électrique et connaître leur limite d'utilisation.
- Apprendre à interpréter les défauts d'une soudure.
- Énumérer les autres procédés de soudage.
- Acquérir des connaissances sur les procédés de mise en forme : ex. : forgeage, extrusion, etc.
- Réalisation des traitements thermiques et des traitements mécaniques.

### Méthodologie

Le professeur procédera à de brèves démonstrations de l'utilisation de l'équipement et des techniques à utiliser. Par la suite, l'élève utilisera les différentes techniques qu'il a reçu et sera guidé et corrigé au besoin par le professeur.

Étant donné les risques de blessures qui peuvent survenir dans un atelier de soudage, les élèves devront porter en tout temps leur lunettes de sécurité. De plus, un élève peut être refusé dans l'atelier si celui-ci n'est pas revêtu de façon convenable pour le soudage.

### Évaluation

#### A) Formative

Après chaque démonstration exécutée par le professeur, l'élève aura le temps suffisant pour pratiquer la technique démontrée.

#### B) Sommative (20% de la note totale)

L'élève sera évalué sur trois (3) points majeurs :

1. évaluation pratique sur la dextérité de l'élève à partir des techniques démontrées (10%).
2. évaluation sur le comportement et l'attitude de l'élève face à la tâche proposée (5%).
3. évaluation théorique sur les connaissances transmises par le professeur (5%).

### MÉDIAGRAPHIE

Hilly & Chaisson, Cours de métallurgie, Dunod, Paris.

I.M. Dorlot, J.P. Baillon, S. Masounave, Des matériaux, École Polytechnique.

Compas A. Technologie professionnelle Tome II, Foucher, Paris.

Frier, Elementary Metallurgy, McGraw-Hill.

E. Paul de Garno, Materials and Process in Manufacturing, McMillan Co.

Bouchy, Godin, Métallurgie, Armand Collin, Paris.

Levinson I.J. Mechanics of Materials, Prentice-Hall.

J. Lignon & M. Nijon, Matériaux, propriétés, traitements normalisation, Delagrave, Paris.

Dell K. Allen, Metallurgy Theory and Practice, American Technical Society.